3. 複雑な界面系のダイナミックスとレオロジー

名古屋大学工学部　土井正男
お茶の水大学理学部　太田隆夫

同一粘度η，同一密度ρを持つ非相溶な二つの液体をほぼ半々の割合で混合した系を考える．このような液体が流れると多数の液滴ができ，それらは変形凝集，分裂をくりかえす．その結果液体の界面はたいへん複雑な形をしたものになる．そのような系のダイナミックスとレオロジー的な性質を考える．

Batchelorによれば，系の巨視的な応力は次のように

$$\sigma_{\alpha\beta} = \eta_0(\kappa_{\alpha\beta}+\kappa_{\beta\alpha}) - \Gamma q_{\alpha\beta} - p\delta_{\alpha\beta}$$

書ける．ここでΓは界面張力，$\kappa_{\alpha\beta}$は系の巨視的速度勾配，$q_{\alpha\beta}$は次式で定義される．

$$q_{\alpha\beta} = \frac{1}{V}\int dS \left[n_\alpha n_\beta - \frac{1}{3}\delta_{\alpha\beta}\right]$$

（nは界面に垂直な単位ベクトルで積分は系の中のすべての界面について行なわれる．）$q_{\alpha\beta}$についての運動方程式を求めるため，その時間微分を流れの効果と界面張力の効果の二つに分けて考える．前者は流れによる界面の変形を考えることにより求められる．後者は次元解析を用いた現象論的な方法で取り入れる事ができる．その結果次の構成方程式が得られる．

$$\frac{\partial}{\partial t}q_{\alpha\beta} = -q_{\alpha\gamma}\kappa_{\gamma\beta} - q_{\beta\gamma}\kappa_{\gamma\alpha} + \frac{2}{3}\delta_{\alpha\beta}\kappa_{\mu\nu}q_{\mu\nu} - \frac{Q}{3}(\kappa_{\alpha\beta} + \kappa_{\beta\alpha}) + \frac{q_{\mu\nu}\kappa_{\mu\nu}}{Q}q_{\alpha\beta} - \lambda Q q_{\alpha\beta}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\kappa_{\alpha\beta}q_{\alpha\beta} - \lambda\mu Q^2$$

ここでQは単位体積中の界面の面積でc_1,c_2は定数である．この構成方程式に従う流体は通常の粘弾性体と比べると著しい特徴をもっていることが示される．例えば定常粘度はずり速度によらず一定であるが，系は弾性を持っており法線応力を示す．また法線応力は常にずり速度に比例する．これらの特徴は考えている系のintrinsicな緩和時間が無限大であるため，系が常に平衡状態から大きく離れた非線形領域にあることに由来する．(J. Chem. Phys. 投稿中)